

# 从液晶显示到液晶生物膜理论： 软凝聚态物理在交叉学科发展中的创新机遇<sup>\*</sup>

欧阳钟灿

(中国科学院理论物理研究所,北京 100080)

**摘要** 世纪之交,物理学正在与化学、材料科学、生命科学等相互交叉形成新的学科.以凝聚态物理为例,在传统的固体物理以外,最近几年又诞生了一门新学科——软体物理,或称为复杂流体.液晶是软物质凝聚态的重要研究对象,60年代发展起来的液晶显示技术与70年代创立的液晶生物膜理论,充分显示了软凝聚态物理在21世纪的信息与生命科学时代仍然将发挥重要的基础学科作用,是科学技术富于创新发展的领域.

**关键词** 液晶,生物膜,软凝聚态

## FROM LIQUID CRYSTAL DISPLAYS TO LIQUID CRYSTALLINE BIOMEMBRANE THEORY

Our Yang Zhongcan

(*Institute of Theoretical Physics, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080*)

**Abstract** Physics is now interacting with chemistry, materials science and life science to form new scientific disciplines. In condensed matter physics, a new subdiscipline, the study of soft condensed matter or complex fluids, has emerged. Liquid crystals are an important research topic in soft condensed matter science. Liquid crystal display technology and the theory of liquid crystalline biomembranes developed, respectively, in the sixties and seventies, demonstrate that soft matter physics will play an important creative role in basic science in the coming century.

**Key words** liquid crystal, biomembrane, soft condensed matter

在20世纪行将结束的时候,有些人似乎认为物理学正从科学的顶峰退下来.因为冷战后物理大科学中那些可以联系核武器发展的项目由于经费受阻纷纷下马,有些国家相互参照,正在缩减对物理学若干最基础的研究方向的投入,物理系排名下降,毕业生找工作难,招生数字压缩等等,人们为这些现象而感到挫折,似有一种“物理学的危机”感.物理学的发展前景“成不了人们普遍关心的问题”,应该说不是物理学有没有发展前景,而是人们如何发展物理学的新前景问题.

其实,从80年代起,杨振宁先生就一再告诫年轻的中国物理研究生要注意新发展的东

西,多注意最初的现象,要选择有发展前途的工作.杨先生所指出的“新发展的东西”就是当前讨论得很多的有创新前景的领域.英国剑桥大学牛顿讲席教授霍金在80年代初期也曾呼吁物理学家应正视那些仍然无法从理论上解释,与人们日常生活密切相关的天气预报、生命起源、湍流等等问题.这些领域就是日趋繁荣物理学的复杂系统以及与别的学科相互渗透的交叉科学.总而言之,在世纪之交,物理学的大小科

<sup>\*</sup> 本文根据作者在第92次香山科学会议《凝聚态物质研究前沿》的发言改编而成

1998-09-15收到

学领域都面临着“适者生存”与“物竞天择”的进化与选择。广大的物理工作者,面对有些人的暂时的挫折感,不同意“物理即将没落”的结论。实际上,物理正面临着世纪之交的转型。物理过去的荣耀不仅在传统物理学的各层次中,如原子物理、固体物理中复现出有划时代意义的演进与突破,同时跨学科领域将像雨后春笋般争相吐艳地展现出物理学的新光辉。以凝聚态物理为例,在传统的固体物理以外,最近几年诞生了一门新学科——软物质(soft matter)物理。这门学科在美国被称为复杂流体(complex fluid),是《Phys. Review》在90年代后期新分出的E分册的主要刊登学科。从E分册的快速增容(仅次于传统的凝聚态物理B分册)即可见该学科发展神速。1998年1月起,欧洲两大物理杂志,法国的《J. de Physique》与德国的《Zeitschrift für Physik》进行合并,定名为《Euro. Phys. J》,其中B分册专登凝聚态物理,软凝聚态已正式亮相,所列的学科依次为液晶、聚合物、双亲分子与生物膜等等。本文主要是从液晶——软物质的主要研究对象的近年发展来介绍作为交叉学科的软凝聚态(soft condensed matter)物理的创新机遇。

## 1 软凝聚态物理素描

P. G. de Gennes 是公认的软凝聚态物理的倡导者。1991年,P. G. de Gennes 就是以《软物质》作为他的诺贝尔物理奖演讲标题。英国剑桥大学 St John's 狄拉克学院为纪念1984年逝世的20世纪物理学巨匠狄拉克,每年都举行狄拉克讲座。特别荣耀的1994年讲座请的就是 de Gennes,该讲座的题目是《软界面》(Soft Interface),并已出了书(Cambridge, 1997)。1995年在厦门大学举行的国际统计物理大会上获得玻尔兹曼奖章的 S. Edwards 爵士为 de Gennes 的讲座作的介绍,实质上是对软凝聚态物理产生的历史背景作了很好的说明,他指出“本世纪即将走到尽头,物理学家历来总是把研究兴趣移到仍然存在大问题的方向上去。我想,只要回

顾一下物理迄今取得的进展,我们不难看到,在本世纪40年代,物理学家把精力集中在很小的东西——原子与小分子。而在50年代至60年代,人们认识到物理学的方法已可应用到我们日常生活面对的区域,即比原子的尺度大但仍然小于流体动力学现象的标度,这就是物理思维方法可以工作并取得进展的介观物理。P. G. de Gennes 是工作在本领域的领导人物之一,近几十年来,他建立了大量可以直接应用于实验检验的理论,并真正率领着我们对这一领域进行研究。”

作为交叉学科的软凝聚态的研究对象与内容还可从欧洲物理学会另一刊物《Physica A》1998年6月1日这一期正式采用软凝聚态(soft condensed matter)作为分类标题,并启用新的刊物副标题名称《统计力学及其应用》代替原本的《统计与理论物理》,从编辑部声明可略窥一斑:“统计力学技术的有趣应用正在日益增加,并大大超过曾经是应用核心的固体、液体、气体物理体系及其过程。新的应用已渗透到化学与生物系统,诸如高分子聚合物、胶体(colloids)、生物膜(membranes)、膜泡(vesicles)、界面、生物大分子(如DNA)等。”其中的生物膜与膜泡,我们将在第3节中详细介绍。上面提到的胶体原是物理化学的传统研究领域,按照彭桓武先生的说法是物理化学中最难的一章,由于融入软凝聚态物理的研究,胶体的理论近年来有了长足的进展。东西德合并不久,德国马普研究委员会在原东柏林旁边建立的新研究所就叫做 Max Planck Institute of Colloids and Interfaces,其中的理论部即是从原西德 Jülich 马普固体所软凝聚态(生物膜)研究组的人员合并过来。属于化学的 Colloid 协会则把1993年的 Wolfgang - Ostwald 奖授予生物膜理论创立者、液晶物理学家 Helfrich。下面我们还会详细介绍 Helfrich 的故事。这里要说明的是,胶体作为软凝聚态的对象,揭示了软凝聚态物理是与化学科学的实质上的交叉。液晶是软凝聚态最主要的对象,从复杂流体在《Phys. Rev. E》作为分类专栏起,便被包括其中,但是到了1995年

物理

7月号,它特别被分出而独立门户,足以证明液晶的研究是大大超过了其他软凝聚态物质。有趣的是,国内外同时还各存在着两种专门刊登液晶研究论文的专业杂志。

传统的,即所谓“硬”凝聚态物理研究是始于本世纪20年代关于固体量子理论研究,即用于说明固体的金属、半导体、绝缘体的电子能带论。后来发展的超导电性与量子霍尔效应等展示了它作为现代物理最为活跃的学科。在这种被称为“硬”凝聚态物理中,多体电子的库仑相互作用以及与晶格声子的相互作用只有量子力学才能处理,所以普朗克常数  $h \neq 0$  便被视为“硬”凝聚态物理的特征。虽然研究工作仍在进展中,这方面的传统理论已有十分成熟的教科书及物理教学体系。

到了本世纪后半叶,在凝聚态物理中,标度律、临界现象、重整化群、对称破缺、有序参数等一系列新概念与新定律被用来描述液晶、氦超流、高分子聚合物等,这就诞生了统一的新的凝聚态理论。其所适用的物质,以液晶为例,已远不是简单的液体,所以美国学者把它们统称为复杂流体。但同样以液晶为例,“流体”一词已不适于概括它们的相变状态。按热致液晶的分类:向列相(nematics)、近晶相(smectics)和柱状相(columns)实际分别对应着三维各向异性液体、二维液体加一维固体和一维液体加二维固体。所以欧洲人用软物质来概括它们似乎更科学,因此软凝聚态物理应运而生。其理论一般可用经典理论(即  $h = 0$ )来描述。虽然软凝聚态一词已频繁出现于杂志、会议(见《Physica A》1998年2月1日号),但作为教科书还很少见。由 P. M. Chaikin 与 T. C. Lubensky 合编的《Principles of Condensed Matter Physics》(Cambridge, 1995)似是第一次把“软”与“硬”凝聚态 - 理论融为一炉的教科书,并在 Princeton 与 Pennsylvania 两大学二年级的研究生试教多次,据说效果不错。当然,这与作为液晶专家与生物膜专家的 Lubensky 的研究经验有很大关系。

软硬凝聚态的区分还可从自由能(等于内能加熵)的特点来说明。在内能  $\gg$  熵时,自由能

(即内能)代表着原子之间真正的力的相互作用(主要是电子的相互作用),可视为哈密顿量,因而可以量子化处理,这就是“硬”凝聚态  $h \neq 0$  的原因。相反,如果体系熵  $\gg$  内能,则自由能引导的“力”不是真正的原子之间的相互作用力,而是系统的统计平均位形,如液晶分子平均排列的方向(称为指向矢量),两相界面等离开平衡态变化的梯度,因此系统自由能(实则是熵)不是哈密顿量,因而不能量子化,即  $h = 0$  便成为该体系理论——软凝聚态物理的特征。显然,温度对软凝聚态自由能的影响极大,这也是软凝聚态相变现象极为复杂与丰富的原因。

以上说明只是对软凝聚态的一般特征进行素描。为了揭示软凝聚态更深刻的内含,即物理与技术科学、化学,及生物科学的交叉性,下面将对液晶及其在显示技术与生命科学中的应用作更详细的评介。

## 2 液晶与液晶显示

### 2.1 液晶

液晶的发现一开始便带有明显的交叉学科特点。1888年,奥地利植物学家 F. Reinitzer 在研究胆甾醇对植物作用时,发现这种有机材料竟然有两个熔点:在  $145.5^\circ\text{C}$ ,胆甾醇酯先熔化成一种混浊的液体;继续加热到  $178.5^\circ\text{C}$ ,液体才成为全透明。为了弄清“两个熔点”的难题,他把这种神奇的材料寄给德国卡斯鲁尔大学物理教授 O. Lehman。在对这种材料充分研究后,O. Lehman 认识到,混浊态,即介于“两个熔点”之间的胆甾醇酯是一种物质存在的新态——液晶。液晶这一术语代表着复杂流体或者软物质中很广的一大类材料。从所含的成分是单一或者多组分而分为热致液晶(thermotropic liquid crystal)与溶致液晶(lyotropic liquid crystal)。

热致液晶按照分子组织和排列宏观对称性的有序程度分为下列3种(G. Friedel, 1922):

(1)向列相(nematic):组成的分子中心像普通流体呈无序分布,但分子的长轴(对棒状分子而言)或盘面(指盘状分子)趋于平行,表现取

向的长程序. 这些相的流动像普通流体, 但光学、电学与磁学则是表现出与晶体联系在一起的各向异性, 因此, 被称为三维各向异性流体. 向列相有时也叫丝状相, 来源于希腊字 nematic 的原意.

(2) 胆甾相 (cholesteric): 如果组成分子具有手征性, 则分子取向在空间会形成扭转螺旋结构. 因此其光学特性具有强烈的圆二色性与其他光活性. 胆甾相也叫螺旋相.

(3) 近晶相 (smectic): 组成的分子中心在一个方向具有周期序 (即层状相), 因而接近于晶体特性. 但在每层内, 分子除取向有序外, 仍保留液体位置的无序, 因此, 被称为一维固体加二维流体. 近晶相也叫层状相.

在 3 大类内又分为若干亚类, 这是液晶作为相变理论研究领域其内容极具丰富多采的一个根源. 举个例子, 在 1888 年, Reinitzer 就发现胆甾醇在液晶相范围内随温度变化呈现着色变化的现象, 这个现象直到 80 年代才被确认为是胆甾相中的几种亚相——蓝相 (blue). 近晶相到目前为止已提出了 A, B, C, C\*, D, E, F, G, H, H\*, I, I\*, J, K 等 14 种亚相, 其中打 \* 号的相是组成分子具有手征性. 液晶发现 100 年来, 物理学家与化学家对其物理兴趣不变的原因就在于液晶不是某些特殊物质才有的物质相, 而是很多物质 (从分子量为 10 数量级的小分子到高分子聚合物) 都呈现相同的液晶相. 这就激励人们寻求能说明各种差别很大的系统行为相似性的统一原理, 以及说明它们分子有序化与分子相互作用联系的基本相变理论. 这也是液晶物理学家 P. G. de Gennes 1991 年获诺贝尔奖的成果的精髓, 他证明从超导电性、液晶有序、与高分子聚合物的相变存在着统一的理论, 这就是他倡导的软凝聚态理论.

以上所说的 3 大类并未包含热致液晶的全部相行为. 80 年代, 印度学者发现盘状有机分子在叠成柱状后, 可构成新的液晶相——柱状相 (column), 这些分子柱可以沿柱向像液体一样相互滑动 (一维流体), 但在垂直于柱向的平面有六角形的点阵结构 (二维固体). 发现者的

代表人物、孟买液晶中心的 S. Chandrasekhar, 在巴黎举行的 20 世纪物理进展兼纪念玻尔研讨会上, 获得 UNESCO 尼·玻尔金质奖章. 其他 3 位获奖者是圣巴巴拉加州大学的 W. Kohn, 俄罗斯列别捷夫物理研究所的 V. L. 金兹堡, 以及普林斯顿大学的 A. Polyakov (也是原俄罗斯理论物理学家), 均是当代凝聚态与理论物理的杰出科学家.

应该指出, 液晶相变理论仍然是一个没有完全理解的研究领域. 其中很多属于连续相变类型, 因涨落效应而呈现复杂的临界现象. 尤其是在层状相存在上述已揭示的丰富相变类型, 对整个凝聚态 (包括固体) 的二维熔化和缺陷有序变化领域出现许多独特的挑战性课题, 提供了检验理论思想的沃土与激发新概念的机遇. 例如, 不存在稳定的二维晶格的经典理论最近正在经受近晶相液晶从 C 相到六角 H 相相变实验检验, 而液晶从各向同性相冷却到近晶相产生的球、管及环状结构 (液晶的焦锥织构, G. Riedel, F. Grandjean, 1910) 也表现出与近年发现的笼状碳分子 (C<sub>60</sub>)、纳米碳管与碳环有极大的相似性. 因此, 近晶相液晶的“结晶”理论对理解碳管与碳螺管的成因有极大的帮助. 这难怪 P. G. de Gennes 把笼状碳管、碳洋葱也归为液晶相同类的软材料 (soft matter). 迄今为止, 几乎所有的液晶都是由有机分子组成的. 90 年代以及下一世纪的挑战性课题是寻找无机液晶.

## 2.2 液晶平板显示

自 1888 年以来, 虽然人们早就知道液晶, 但液晶研究的第一个高峰期 (1933 年法拉第液晶研讨会为标志) 只持续很短的时间. 液晶研究在第二次世界大战结束时几近消失. 只是到了 70 年代起, 人们才对其物理学性质产生极大兴趣, 其导火线是美国 RCA 公司的 G. Heilmeyer 对液晶在电场作用下的流动不稳定性用于显示技术的发现, 在《IEEE Trans. Electron Devices》1976 年 ED-23 卷第 7 期 (美国独立 200 周年纪念号) 第 780 页上, Heilmeyer 曾以论文“液晶显示: 一次交叉学科研究实验的结果”, 回忆与评述了他认为“可写成一本小说”的液晶显示技

物理

术的发现与后来被生产部门窒息的“悲壮”历程。这个发现虽然未得到 RCA 生产部门的重视,但却影响了当时在 Heilmeyer 小组从事理论研究的德国物理学家 W. Helfrich 对液晶显示的研究热情。液晶显示的工业化正是在 Helfrich 回欧洲不久与 Schadt 于 1971 年提出液晶扭曲场效应(TN)模式后迅速实现。1996 年夏天, Helfrich 曾对笔者说过,他在 RCA 曾经向 Heilmeyer 建议过 TN 模式,但未得到采纳,这件事大概是美国与液晶显示工业技术失之交臂的原因之一,世界上首屈一指的液晶显示厂家——日本夏普公司有关液晶史的研究人员特地到柏林去向 Helfrich 询问过此事。液晶分子在弱电场(1 伏特量级)控制下改变其取向从而改变薄仅几微米液晶层的光学特性,从而实现有史以来最省电的平板显示技术,显示出与运筹半导体集成电路在功率与电压上直接匹配的现代仪表、计算机的最佳搭档。没有液晶显示,就不可能有当今信息时代涌现出的笔记本电脑、移动电脑终端、汽车雷达卫星定位系统和多种平板飞机航空仪表。液晶平板显示市场已经与阴极射线管相匹敌,达到几百亿美元的市场。在改进液晶显示的视角特性、响应速度以及与有源半导体驱动短阵(TFT)的匹配进程中,凝聚态物理学家有许多挑战性的课题可以研究,这也是《Phys. Rev. E》从 1995 年 7 月起把液晶从复杂流体栏目单列出来的原因。在物理学的许多传统专业处于萎缩或不景气,毕业生找工作难时,液晶物理则是日益被看好的专业。美国《今日物理》增刊《工业物理》1995 年 7 月号的首目就是《平板显示器的职业展望》。该文指出,有源笔记本电脑的液晶显示器市场在 1994 年达到 40 亿美元,而到 2000 年将达到 200 亿美元。因此,液晶显示技术从研究到生产将对物理专业的学生提供可观的就业机会。

但可惜的是,除 1978—1985 年,我国少数几个大学的物理系有过液晶专业外,到 80 年代后期,几乎没有一个物理系有液晶专业(中国科学院长春物理研究所似是唯一有液晶物理的研究生专业)。近年来,我国各地自建与引进三十

几条液晶生产线,但水平都是工艺较落后的无源 TN 与 STN 的分段式数字显示屏,产值在日、韩之下,吉林省最近正在为引进 TFT 液晶显示技术而努力,但要在 2000 年前生产中国自己的 TFT 液晶屏仍然有许多困难,最困难的不是缺乏资金,而是缺少液晶物理人才。不过,以清华大学化学系开发与培育出来的液晶材料则有很强的国际竞争力,英国最大的液晶材料公司(BDH)最近在关门声明中指出,它们的停产是由于受到东南亚与中国同行竞争的压力。

液晶显示是液晶科学交叉学科性的又一个例证。合成适用于室温的液晶材料是 70 年代物理学家与化学家密切合作的产物。室温液晶被认为是本世纪技术进步的的重大发现之一,因此,发明者英国化学家 W. Gray 于 1995 年获得京都技术进步奖(五千万日元)。日本电子工业界能透过欧美液晶学界的原理发现而垄断液晶显示技术是发挥了企业科技研究中理论与工程技术相结合的特长。日本之所以能在多项技术与欧美抗衡,完全取决于日本产学研的紧密配合与求实轻名的工作作风。日本有几百人在研究液晶显示技术,但并不急于组织什么学会,作为日本学术振兴会信息科学有机材料一个小委员会领导下的学科组织,液晶工作者只是在日本应用物理年会有有机材料的分会中交流报告,直至受国际液晶学会委托筹备 2000 年世界液晶大会,日本于前年才有液晶学会一说。在国际上,液晶显示技术的研究正在带动着新的物理与化学专业。液晶盒表面处理、多畴液晶器件(为改善视角特性的措施)的光学设计、用铁电液晶无源矩阵代替有源的 TFT 等是当前液晶显示技术原理研究的热门课题,需要探讨复杂流体的光学、电学、弹性和粘滞性质。而这些正是软凝聚态物理的范畴。所以与其他国家相反,日本正在增加物理的研究经费,新任文部相也选了东京大学的一位物理学家担任。许多过去以硅半导体为命根子的电子学系,这几年都更名为电子学与物理学系(如东京工业大学与大阪府立大学等)。尽管日本于 1997 年已推出无源矩阵的铁电液晶彩色显示的笔记本电脑,但

完整的铁电液晶连续流体弹性理论仍然是凝聚态物理学家有趣的追索目标。

### 3 生物膜液晶模型

生物结构与液晶联系可追溯到 19 世纪中叶。对细胞学说创立有重要贡献的 Virchow 早在 1854 年就发现神经细胞髓磷脂溶液具有偏光性(即液晶特性)。Lehman 在发现液晶后不久,即撰文叙述液晶在生命科学中的重要前景。许多生物学家在液晶研究早期都对此发表过评论。在 1933 年的法拉第液晶讨论会上,生物结构的液晶特性便正式提出来讨论,而研究液晶的科学家本身就是著名生物学家也不少见。如发现近晶相液晶焦锥结构的 F. Grandjean 就是一位著名的发育生物学家。胚胎学家李约瑟就曾把哺乳动物发育过程中肢节轴索的诞生与液晶相变产生的几何拓扑结构联系在一起。50 年代,生物学家便出版专著论述肌肉组织与细胞结构所显示的液晶各相相似的分子堆积结构。因此,在 1965 年召开的第一届国际液晶会议上,生物结构的液晶性质便正式成为独立议题。1974 年第 5 届国际液晶会议上,人们特别把生物膜与溶致液晶联系起来,随后出版了《溶致液晶与生物膜》与《液晶与生物结构》两部专著(有中译本)。以后,3 年一届的国际生物物理大会与 2 年一届的国际液晶大会常在同一城市联袂召开。液晶学家愈益关心涉及生命科学在近 20 年来已是一个时尚。在这一领域里,物理学与化学,甚至与生物学之间的传统界线已经变得模糊,其中最典型的是表现在液晶生物膜模型研究上。

生物学家公认的生物膜流体镶嵌模型(Singer, Nicolson, 1972)认为膜糖蛋白是浸在二维脂类双亲分子液体膜中,如果把双亲脂类分子膜当成普通流体,则蛋白分子都能在不到 1min 时间内扩散跨越细胞膜,但荧光漂白实验显示,蛋白质在膜上扩散的本领比自由扩散所预期的少许多个数量级。把生物膜当成普通液体膜的另一个困难是无法解释为什么人的红细

胞是双凹碟形而不是其他几何形状。从拉普拉斯液体膜泡定律出发,几何学家 Alexandrov 在 50 年代证明,平衡的液体膜泡只有一种形状——正球形。因此从高尔基体到细胞膜泡所显现出来的生物膜泡结构的奇形怪状确实证明生物膜不是普通流体,而是液晶。

发明液晶显示 TN 技术的 W. Helfrich 是生物液晶模型定量理论的创立者(1973 年),这在 de Gennes 1991 年诺贝尔物奖演讲“软物质”一文中特别指出过。事实上,美国 90 年代大学分子生物学教科书中关于红血球形状的论述中已有采用 Helfrich 的液晶膜曲率弹性理论(R. J. Nossal, Molecular and Cell Biophysics; Addison - Wesley, 1991)。根据这个理论导出的膜泡普遍方程(1987)也被称为流体膜的广义拉普斯方程,并解析地给出红血球双凹碟形解(1993),尤其是 1990 年该方程预言了半径比为  $\sqrt{2}$  的生物膜环形结构,并迅速得到不同实验室的证实,环形结构实际上是近晶相液晶焦锥结构的体现。

根据生物膜是液晶的线索,生命科学中许多困难的问题,如细胞膜的融合,蛋白质在膜上的奇异扩散及定域成帽现象,以及细胞分泌的胞吐与内吞现象正在一一得到理性的研究。尤其是以胆甾相液晶相似所建立的手征分子生物膜理论(1990)对 1984 年以来实现的生物手性分子的自组装螺旋结构给出符合实验的解释,并被物理学家与病理学家联合应用去研究胆结石的螺旋结构[见 S. Komura and Our Yang Z. C.,《Phys. Rev. Lett.》,81(1998),473]。

液晶相的拓扑缺陷和相变都与膜融合的机理有关。液晶显示技术原理——电场引起分子重排与堆积变化——在基因和药物用生物膜泡包裹传递中将异常重要。外加电场(由蛋白质或药物分子带来)诱发膜融合,并推动蛋白质的移动,这些都是液晶生物膜动力学理论大有可为的挑战性课题。由美国国家研究委员会组织的大型调查报告《90 年代物理学:学科交叉和技术应用》分册中,特别在生物物理学一章中指出:“层状液晶提供了可以研究膜相互作用、局部缺陷和相变的有用的膜模型系统。它们类似

物理

于一叠完整的膜,中间被薄层的水分隔开.这里可以应用相变的现代物理学理论.膜上分子的迁移率也会由像液晶里那样的相变而发生深刻的改变.在现在公认的膜融合、克分子渗透压浓度控制和酶调节等过程的机制中,都涉及到与带电磷脂有相变相联系的膜缺陷.”

国际生物学界正在日益接受物理学家对生物膜的研究观点与结果,例如,欧洲(North-Holland出版社)学术界正在组织编写一套计划有12分册的《生物物理手册》,其第一分册《生物膜结构与动力学》是由研究膜的物理学家 R. Lipowsky 与生化学家 E. Sackmann 共同主编的,并已在1995年出版,其中第八章“Morphology of Vesicles”全面介绍了 Helfrich 液晶生物膜理论的研究结果,其中包括我国理论物理学家的若干结果.我们特别推荐阅读该手册总编在前言中所阐述的生物物理的交叉学科的含义,即生物物理是生物与物理两个学科共同感兴趣的领域.在上述美国《九十年代物理学:学科交叉和技术应用》一书中的生物物理一章中的“结论和建议”也指出:“由于复杂合作系统的基础物理研究所达到的高度复杂性,已到了能把生物学系统作为物理学中的基本问题开展讨论的程度,纯物理学已经成为这类中心(指生物物理交叉学科中心)的重要组成部分.”事实上,现在《Nature》与《Science》关于生物技术与生命科学的许多文章都是跨学科研究的产物.在1998年7月3日《Science》(Vol. 281, p. 78)发表一篇关于由离子化磷脂-DNA复合体反六角相组成DNA跨膜传输的论文是由出自同一大学3

个系(材料、物理与生物化学)的作者共同完成的,全文只有一个数学公式——Helfrich 生物膜弹性能公式.从1971年发明TN液晶显示,1973年提出生物膜理论,1976年第一个获得欧洲物理学会凝聚态物理学最高奖——惠普奖,1993—1996年获得亚琛-慕尼黑技术与应用科学奖、法国国际技术科学创新大奖(M. Hennessy - L. Vuitton)、胶体化学会奖和德国物理学会奖(Robert - Wichard - Poh1),人们不难看到,液晶或者说软凝聚态物理给予 Helfrich 的机遇有多大!我相信 Helfrich 于1973年提出生物膜理论时,并没有去向生物学家求认同,从1973年迄今,他一直挂靠在柏林自由大学的凝聚态物理所,他的专业——生物物理也直至最近上 Internet 网页时才加上.但靠他的交叉与创新意识,他在信息、化学与生物科学都做出了实质性的贡献.开头我们提到的《Physica A》所列的软凝聚态物理内容——液晶、生物膜、膜泡正是 Helfrich 这30多年来的工作线索.因此,当我们怀着“临渊羡鱼”的态度看着老一辈物理学家的成就时,我们应该想一想“退而结网”的行动.在下一世纪到来之前,想一想如何在物理、化学、生命科学的交叉领域中做别人不能做的工作.本世纪我们在基础研究的方方面面与欧美相比是落后的,但我们应该抱有在下世纪赶上他们的雄心壮志,这也是古人所说的“东隅已逝,桑榆非晚”.

感谢 本文得到韩汝珊老师的帮助,特表感谢.